

転輪型 RI 密度水分計による非破壊計測の実験

～自動走行振動ローラへの適用に向けて～

大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 ○正会員 後藤 洸一, ○正会員 青木 浩章
 ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部 正会員 池永 太一, 森 安弘
 大成ロテック(株) 生産技術本部 機械部 越村 聡介

1. はじめに

筆者らが近年開発してきた「自律制御型振動ローラ」(図-1)は, 施工条件指定と施工開始指令により, 自動での転圧走行が可能である¹⁾. この技術により, 建設機械運転手の負担軽減や担い手不足の対策, および生産性の向上が期待できる. さらに筆者らは, 作業のみならず計測等の品質管理をも自動化することを目指して「散乱型 RI 計器」による連続非破壊での締固め管理について実験を行っている. この技術により, 振動ローラによる締固め作業と同時に土の締固め度を計測でき, これを自動制御機械による転圧作業のサイクル内に組込むことによって一層の作業効率向上が期待できる.

2017 年度には, ソリ状の鉄板上に散乱型 RI 計器を積載し(図-2), 測定面上を滑走する方法で計測実験を行い, 走行中に連続的な計測が可能であることを示した. その際, 特に粒径の大きな材料において, 計器の滑走により測定面が荒れることで計器の測定面への密着性が損なわれ, 計測精度が低下する問題を見出した²⁾. このため, 測定面を荒らさずに走行可能な構造を目指し, 転輪構造の筐体内に計器を納め, 転動して走行する「転輪型 RI 密度水分計」を開発した. 本装置は計器を移動させながらの連続的な計測が可能であるが, 移動速度の上昇に伴い路盤面上の凹凸や機械振動の影響から路盤面と計器との距離が変動することで, 計測精度に悪影響を及ぼす可能性がある. 一方, 施工効率化の観点からは, 高い速度においても十分な精度で計測可能であることが望ましい.

そこで本報告では転輪型 RI 密度水分計の走行速度が計測精度に与える影響を実験した結果について述べる.

2. 実験方法

転輪型 RI 密度水分計は図-3 に示すように, ローラ形状をとり転動が可能な密度計と水分計を台車に固定し, 台車上に必要な周辺機器を乗せた状態で使用する. 計器は外部から水平方向に牽引されることで走行する. 実験では計器の走行範囲外において走行する, 速度管理が可能な車両に接続して牽引を行った. この計器は走行しながら連続的に密度と水分量を計測可能である.

実験では図-4 に示すように 2 種類の材料を用いて試験用盛土を構築し, この上で転輪型 RI 密度水分計を, 速度を変えて走行させながら密度と含水比を計測した. 材料は山砂および粒度調整砕石(M-30)を使用し, それぞれの材料につき 3 つのパターンで締固めを行った. 締固めは 8 t 級の振動ローラ



図-1 自律制御型振動ローラ

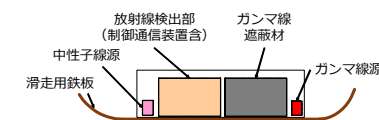


図-2 滑走型 (2017 年実験)

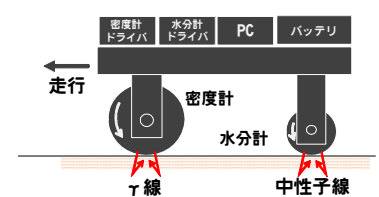


図-3 転輪型 RI 密度水分計

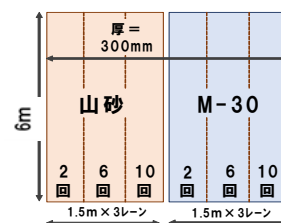


図-4 実験材料

キーワード i-Construction, 生産性向上, 散乱型 RI, 自律制御振動ローラ, 自動計測

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター生産技術開発部 TEL045-814-7247

〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町 2-21-1 ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部 TEL06-6331-6031

〒365-0027 埼玉県鴻巣市上谷 1456 大成ロテック(株) 生産技術本部機械部 TEL048-542-0121

を使用して（2回，6回，10回）で締固めを行った．各材料の敷均し厚さは300mmとした．

以上の2材料×3転圧条件＝6レーンにおいて，転輪型RI密度水分計の走行速度を{0.5，1.0，1.5，2.0，3.0}km/hに設定し，それぞれ一定速度で走行しながら計測を行った．転輪型RI密度水分計での計測後に，各材料条件ごとに3箇所ずつ砂置換法による密度計測と炉乾燥法による含水比測定を行った．

3. 実験結果

図-5に実験結果を示す．図-5は横軸に転輪型RI密度水分計の走行速度をとり，縦軸は各速度，各材料における計測結果と，砂置換法，炉乾燥法による計測結果との残差の標準偏差を示す．即ち，走行速度の変化に対する誤差の大きさを示している．また，現在一般的に用いられている透過型RI計器の値³⁾を点線で示す．

実験に先立っては，走行速度が上がるにつれて振動等の影響により計測精度が悪化し，右上がりの傾向を示すと予想していた．実験結果のうち密度計の計測結果は，山砂では明確に右上がりの傾向が見られ，M-30においても緩やかにその傾向が見られるが，両材料とも2.0km/hにおいて局所的に精度が悪化しており，M-30では3.0km/hにおいてまた精度が改善している．水分量の計測結果は両材料ともよく似た傾向を示すが，単調増加とはならず，両材料において2.0km/hで特異的に精度が悪化している．また，両材料において1.0km/hで精度が最も良い．2.0km/hにおいて密度および水分の精度が特異的に悪化した原因として，計器を牽引した装置がこの速度において振動を励起しやすい特性をもっており，その影響を受けた可能性がある．

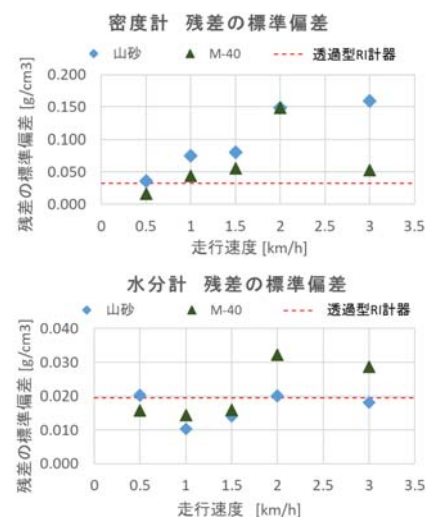


図-5 実験結果

透過型RI計器による結果との比較では，転輪型RI密度計は0.5km/hを超える速度において低精度である．転輪型RI水分計は1.5km/hを超える速度において低精度である．速度の上昇に伴い精度が悪化する原因としては，高速域では計器が盛土表面の不陸や小石などの影響により跳ねて密着性が損なわれたことが原因である可能性がある．また，本実験では砂置換法・炉乾燥法による結果との比較を行うために，それらを実施する地点近傍40cmに対して計測を行っている．このため速度の上昇につれて計測を行う時間が短くなる．一般にRIを利用した計器は放射線源の壊変揺動に起因する誤差が発生するが，これは計測時間が短いほど大となる．このため速度上昇による計測時間の縮小が精度低下の原因となり得る．

4. まとめ

上記の結果から，低速度においては転輪構造を持つ散乱型RI密度水分計により走行しながらの締固め度計測が可能であると考えられる．現段階では走行速度が0.5km/h以下で山砂およびM-30を対象とする場合には，従来法と同等の精度で計測が可能であることを確認している．一方，実施工での適用には，更に高速度で使用可能であることが望ましい．引続き使用可能な速度の向上と多種材料における適用性の検証，改良を行う予定である．冒頭で述べた自律制御型振動ローラへの搭載と，実施工現場での使用を目標に開発を行う予定である．

参考文献

- 1) 青木浩章，片山三郎，阿部祐規：自律制御型振動ローラ「T-iROBO Roller」の一般土工における実証，大成建設技術センター報第50号，No. 07，2017
- 2) 青木浩章，片山三郎，池永太一，越村聡介：散乱型RI密度水分計による非接触計測の実験，土木学会第73回年次学術講演会，VI-698，pp. 1395-1396，2018
- 3) 日本道路公団試験所：「試験所技術資料第213号 RI計器で土の密度・水分量をはかるしくみ」，pp. 78-79.